

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi -Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Êtres Vivants



## MÉMOIRE

de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

**Master en Sciences Biologiques**

**Spécialité :Écophysiologie Végétale**

## THÈME

**Réponses des propriétés physicochimiques du sol a la présence du  
figuier de Barbarie dans une zone aride (cas de Bir El Ater)**

**Présenté par**  
**Ali HANACHI**

**Devant le jury**

**Présidente :** Dr. Amal MACHROUM

*Maître de conférences "B" (Université Larbi Tébessi, Tébessa).*

**Promoteur :** Dr. Haroun CHENCHOUNI

*Maître de Conférences "B" (Université Larbi Tébessi, Tébessa).*

**Co-promotrice :** Dr. Souad NEFFAR

*Maître de Conférences "A" (Université Larbi Tébessi, Tébessa).*

**Examinatrice :** Dr. Sonia BOUDJABI

*Maître de conférences "B" (Université Larbi Tébessi, Tébessa).*

**Année universitaire : 2019 – 2020**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **Remerciement**

*En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*La première personne que nous tenons à remercier est notre encadreur  
HarounCHENCHOUNI, pour avoir accepté de nous encadrer.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de lire et de juger ce travail.*

*Un grand merci à tous les enseignants surtout madame DJELLAB, pour leur aide précieuse. Qu'ils trouvent ici toutes les gratitudes.*

*Nous remercions chaleureusement nos familles et surtout nos parents pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur patience durant les étapes difficiles de ce travail.*

*Nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail. Merci à tous nos camarades pour tous les bons moments passés, et les échanges scientifiques qu'on a partagés, leurs disponibilités et leurs compétences, merci du fond du coeur.*

# Sommaire

## Sommaire

Liste des figures .....	iii
Liste des tableaux .....	iv
Liste des annexes .....	v
Introduction .....	1
<b>Chapitre 1 : Généralités sur le figuier de Barbarie .....</b>	<b>5</b>
1. Description de la plante .....	6
2. Classification systématique .....	6
3. Origine et distribution .....	7
4. Anatomie et composition phytochimique .....	7
4.1. SYSTEME RACINAIRE .....	8
4.1.1. <i>Les racines charpentières</i> .....	8
4.1.2. <i>Les racines absorbantes</i> .....	8
4.1.3. <i>Les éperons racinaires</i> .....	8
4.1.4. <i>Les racines se développant depuis les aréoles</i> .....	8
4.2. LE CLADODE .....	8
4.3. LES FLEURS .....	9
4.4. LE FRUIT .....	11
5. Intérêts éco-systématiques .....	12
5.1. AMELIORATION DES PATURAGES .....	12
5.2. ATTENUATION DE L'EROSION DES SOLS .....	12
5.3. CLOTURE BIOLOGIQUE ET BARRIERES VEGETALES .....	12
5.4. POTENTIEL DE SEQUESTRATION DU CARBONE .....	13
5.5. CONVERSATION DE LA BIODIVERSITE .....	14
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes .....</b>	<b>15</b>
1. Présentation de la région d'étude .....	16
2. Sélection des parcelles expérimentales .....	18
3. Prélèvement et analyse des échantillons de sol .....	21
4. Analyses physicochimiques du sol .....	22
5. Analyse des données et tests statistiques .....	23
<b>Chapitre 3 : Résultats .....</b>	<b>24</b>
<b>Chapitre 4 : Discussion et Conclusion Générale .....</b>	<b>33</b>
Références .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexes .....	41

## Liste des figures

<b>Liste des figures</b>	iii
<b>Liste des tableaux</b>	iv
<b>Liste des annexes</b>	v
<b>Introduction</b>	1
<b>Chapitre 1 : Revue bibliographique sur les vautours étudiés</b>	5
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b>	15
<b>Chapitre 3 : Résultats</b>	24
<b>Chapitre 4 : Discussion et Conclusion Générale</b>	33
<b>Références</b>	Erreur ! Signet non défini.
<b>Annexes</b>	41

## Liste des tableaux

<b>Liste des figures</b>	iii
<b>Liste des tableaux</b>	iv
<b>Liste des annexes</b>	v
<b>Introduction</b>	1
<b>Chapitre 1 : Revue bibliographique sur les vautours étudiés</b>	5
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b>	15
<b>Chapitre 3 : Résultats</b>	24
<b>Chapitre 4 : Discussion et Conclusion Générale</b>	33
<b>Références</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Annexes</b>	41

## Liste des annexes

<b>Liste des figures</b>	iii
<b>Liste des tableaux</b>	iv
<b>Liste des annexes</b>	v
<b>Introduction</b>	1
<b>Chapitre 1 : Revue bibliographique sur les vautours étudiés</b>	5
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b>	15
<b>Chapitre 3 : Résultats</b>	24
<b>Chapitre 4 : Discussion</b>	33
<b>Conclusion</b>	Erreur ! Signet non défini.
<b>Références</b>	Erreur ! Signet non défini.
<b>Annexes</b>	41

# Introduction

## Introduction

Les zones arides, avec plus de 50% de déficit annuels de précipitation, couvrent approximativement 40% de la surface des terres du globe. Plus de 70 % de toutes ces zones arides sont soumises à la désertification qui couvrent actuellement 36 millions km<sup>2</sup> (Winckler, 2002). En Algérie, la désertification est essentiellement liée aux régions arides et semi-arides qui se caractérise par des activités agricoles céréalières et l'élevage. Ces méthodes appliquées dans les régions steppiques sont considérées comme un axe de base de l'économie nationale. Toutefois, les steppes algériennes sont soumises à plusieurs facteurs perturbateurs d'ordre naturels (sécheresse, changement climatiques, ...) et à d'autres anthropogéniques (surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures, ...). Déjà, les composants de l'écosystème steppique (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat) vivent sous perturbation depuis plus de trente ans. Cette perturbation, représentée par la dégradation de terres de manière générale et la désertification spécifiquement, provoque la réduction de la fertilité des sols et la productivité des habitats et se traduit par une la rupture des équilibres écologique et socio-économique (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999). On peut donc dire que la désertification est l'un des plus grands problèmes environnementaux auxquels la région steppique algérienne est confrontée.

La désertification, qui selon Nahal (2004), n'est pas nécessairement liée à l'avancée du désert, comme beaucoup le croient ; mais c'est la dégradation qui affecte les terres arides. Cette dégradation provoque une vie similaire à la vie dans le désert. La désertification menace soit plus de 4 milliards d'hectares soit un tiers de la superficie des terres émergées du globe (Nedjraoui, 2006). Les parcours steppiques dont la superficie est de 20 millions d'hectares (Djebaili, 1984) constituent l'espace vital pour plus de 12 millions d'habitants qui tirent leurs revenus de la pratique de l'élevage du cheptel. Ce dernier est estimé à plus de 15 millions têtes élevés sur des terres se trouvant dans un état de fragilité écologique de plus en plus accrue due aux évènements de sécheresses récurrentes et les mauvaises pratiques humaines surtout le surpâturage (Aidoud *et al.*, 2006, Neffaret *al.*, 2013 ; Amgharet *al.*, 2016a).

Durant les dernières décennies, le phénomène de plantes-nourrice a pris de l'étendue dans les habitats dégradés. Pour information, on parle de plante-nourrice ou "plante-nurse", quand il s'agit de toute plante capable de faciliter la croissance et le développement d'autres plantes sous sa canopée, en créant un micro-habitat favorable pour la germination des graines et/ou la

croissance de propagules (Franco & Nobel, 1989 ; Padilla & Pugnaire 2006). Les plantes-nurses ont un effet positif sur l'accélération de la vitesse de croissance des plantes (Callaway *et al.*, 1991). Cet effet revient à plusieurs raisons : l'ombrage, température, lumière, augmentation de l'humidité et de la matière organique dans le sol, ainsi que la protection contre les herbivores pour certaines plantes-nurses (Callaway, 2007).

Plusieurs espèces de plantes-nurses ont été utilisées pour la réhabilitation de nombreux habitats dégradés des régions arides et semi-arides : *Eucalyptus* spp., *Tamarix* spp., *Opuntia* spp., *Acacia* spp., *Euphorbia* *balsamifera*, *Prosopis juliflora*, etc. (Ren *et al.*, 2008 ; Yang *et al.*, 2009 ; Amgharet *et al.*, 2016b). La réhabilitation des parcours steppiques algériens doit reposer sur le choix d'espèces végétales résistantes, notamment aux fortes sécheresses et faiblement exigeantes vis-à-vis les conditions édaphiques. Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) est en ce sens une espèce potentiellement intéressante (Neffaret *et al.*, 2011). Puisque le figuier de Barbarie, considéré comme plante-nourrice qui engendre la formation d'îlots de fertilité autour d'elle, favorise le développement de strate herbacée à sa proximité (Neffaret *et al.*, 2011, 2013).

Originaire du Mexique, le figuier de barbarie s'adapte bien au climat du bassin méditerranéen (Butera *et al.*, 2002). Cette plante, a longtemps été marginalisée mais sa culture est en nette progression vue son importance socio-économique et environnementale (Maataoui *et al.*, 2006). Les *Opuntias* font maintenant partie de l'environnement naturel et des systèmes agricoles où *Opuntia ficus-indica* est l'espèce ayant la plus grande importance économique dans le monde (Kiesling, 1999). Les espèces *Opuntia* sont cultivées en Amérique, en Afrique, en Asie, en Europe et en Océanie (Casas et Barbera, 2002).

En Algérie, les superficies désignées pour la culture du figuier de Barbarie sont d'environ 30 000 hectares dont 60% dans la municipalité de Sidi-Fredj (45 km au nord de Souk Ahras) et le reste à OuledMimoune, Taoura, Dréa et Ouilène (Agence Ecofin, 2015). Le haut-commissariat pour le développement de la steppe 'HCDS', les services agricoles et la conservation des forêts développent des projets pour étendre la zone de ces plantations et faire face à la menace de désertification, surtout dans les régions semi-arides (Belgacem, 2012).

Comme les travaux relatifs à l'impact des plantations du figuier de barbarie sur les ressources naturelles des milieux dégradés particulièrement en Afrique du Nord sont plutôt rares (Neffaret *et al.*, 2015, 2018), ce travail a pour objectifs l'étude de l'impact de la plantation du figuier de Barbarie sur les caractéristiques physicochimiques du sol en région aride de la wilaya de Tébessa (nord-est Algérien). Cette étude cherche à mettre en évidence les différences dans les paramètres physicochimiques du sol sous des plantations à différents âges

par rapport à des sols steppiques témoins (non plantés) et ceci dans trois zones différentes du sud de Tebessa (OgbaEl-Baida, El-Mezara et Doukkara).

Ce mémoire est subdivisé en une introduction générale donnant un aperçu sur la désertification et la réhabilitation des steppes, un chapitre sur des généralités sur le figuier de Barbarie, un deuxième chapitre intitulé "matériels et méthodes" pour la présentation de la zone d'étude et la méthodologie suivie pour réaliser cet essai et un autre chapitre "Résultats et discussion" décrivant les résultats obtenus avec leur interprétations, puis une conclusion générale pour finir par la liste des références bibliographiques et les annexes.

# Chapitre 1

“ *Généralités sur le figuier de Barbarie* ”

# Chapitre 1 — Généralités sur le figuier de Barbarie

## 1. Description de la plante

Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) est considéré comme l'une des plantes importantes sur le plan agricole en raison de ses délicieux fruits et également en raison de ses tiges qui utilisent du fourrage pour le bétail ou comme légumes de consommation (Alkämper, 1984 ;Kiesling, 1999 ; Casas et Barbera, 2002). Initialement, les Opuntias sont utilisés comme plantes ornementales par les Espagnols, mais leur apparition remonte à la préhistoire avant que les Espagnols n'entrent sur le continent américain (Casas et Barbera, 2002).

## 2. Classification systématique

Le nom scientifique *Opuntia ficus-indica* (Tableau 1) est le nom accepté actuellement qui a la priorité sur les autres noms donnés à cette espèce (Kiesling, 1999). *Opuntia ficus-indica* des réceptacles des fleurs ayant beaucoup d'aréoles ( $\geq 38$ ), certains cultivars ont un nombre moins. Les aréoles sont essentiellement localisées sur des mamelons très remarquables. Mais il existe des espèces *Opuntia* qui ont moins d'aréoles sur les fleurs et les fruits et sont localisées sur les mamelons moins prononcés (Pinkava et al., 1992 ;Kiesling, 1999).

**Tableau 1.** Classification taxonomique du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) (Kiesling., 1999)

Niveau	Valeur
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Cactaceae
Sous-famille	Opuntioideae
Genre	<i>Opuntia</i>
Sous-genre	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill., 1768

---

Synonymes	<i>Cactus ficus-indica</i> L. <i>icus-indica</i> : <i>O. tuna-blanca</i> Speg., <i>O. ficus-indica</i> var.
-----------	---

---

### 3. Origine et distribution

Aujourd'hui, la forme d'*Opuntia ficus-indica* est le résultat d'un long mode de sélection en culture et l'absence des populations sauvages. Selon Bravo Hollis et SánchezMejorada (1991), la cultivation de cette plante a commencé il y a 8000 ans. L'homme a transféré le figuier de Barbarie vers d'autres zones chaudes du monde, puis devient rapidement un élément caractéristique du paysage. Il était déjà très répandu en Europe en 1550 (Mottram, 2013).

Berger (1905) a déclaré que pour l'origine taxonomique d'*Opuntia ficus-indica*, le taxon d'*Opuntia* établi en Italie est supposé être la forme originale d'*O. ficus-indica*, c'est-à-dire une forme ancestrale. Il ya aussi une forme d'*O. ficus-indica* d'Argentine qui a été décrite comme une nouvelle espèce (*O. cordobensis*) et de la même manière une forme de Bolivie (*O. arcei*) (Kiesling, 2013).

Au dix-huitième siècle, *O. ficus-indica* a été transféré sur d'autres régions vue son contenu en vitamine C et sa bonne capacité de conservation et aussi l'utilisaient comme légume pour prévenir le scorbut (Diguët, 1928). Au début du vingtième siècle, le botaniste et agronome américain David Griffiths a étudié et cultivé des *Opuntias* au Texas pour des évaluations taxonomiques et agronomiques (Walkington, 1968). Il a décrit plusieurs espèces de spécimens cultivés et quelques-uns des taxons traités comme cultivars ou espèces sont considérés aujourd'hui comme des synonymes ou hybrides d'*O. ficus-indica* (comme *O. fuscicaulis*, 1908) (Kiesling *et al.*, 2008).

Les *Opuntias* peuvent facilement s'échapper et s'adapter dans les zones arides d'Afrique, d'Asie et d'Australie. *O. ficus-indica* avait déjà été cultivé en Amérique du Sud par les Espagnols (Hoffmann, 1995). Les *Opuntias* se sont rapidement répandus dans de nombreuses régions, devenant une menace pour la biodiversité et pour l'utilisation agricole des terres (Brutsch et Zimmermann, 1993 ; Casas et Barbera, 2002). Aujourd'hui *O. ficus-indica* est naturalisé dans 26 pays en dehors de son habitat d'origine (Novoa *et al.*, 2014).

### 4. Anatomie et composition phytochimique

Seules les espèces du sous-genre *Platyopuntia* ont développé des adaptations anatomiques, morphologiques et physiologiques pour croître et survivre dans environnements arides où de sévères stress hydriques entravent la survie d'autres espèces de

plantes (Beccaro *et al.*, 2015). Ces adaptations touchent différents organes dont les caractéristiques sont :

#### **4.1. Système racinaire**

Selon Snyman (2004, 2005), le figuier de Barbarie a un système racinaire superficiel mais très complexe qui présente quatre sortes de racines :

##### **4.1.1. Les racines charpentières**

Ces racines restent sèches durant un certain temps puis ré-humidifiées, des racines absorbantes sont formées à partir des bourgeons latents dans les quelques heures qui suivent, pour répondre rapidement à la venue d'humidité (North *et al.*, 1993 ;Dubrovsky *et al.*, 1998).

##### **4.1.2. Les racines absorbantes**

Selon Gibson et Nobel (1986), ces racines se développent depuis des bourgeons latents cachés dans le cortex de racines les plus anciennes, nommées aussi « racines de pluie ».

##### **4.1.3. Les éperons racinaires**

D'après Boke (1980), c'est la plus volumineuse masse de racines. La base de l'éperon du figuier de Barbarie se forme d'une couronne d'ajouts ressemblant à des bractées.

##### **4.1.4. Les racines se développant depuis les aréoles**

La croissance des jeunes racines est très rapide ; elles deviennent fines avec un cortex de 3-4 cellules d'épaisseur, et sont couvertes de poils racinaires. Dans certaines de ces cellules, un déficit hydrique induit la formation d'un plus grand nombre de cellules endodermiques avec des cadres de Caspary plus proches de la pointe de la racine (De Micco et Aronne, 2012).

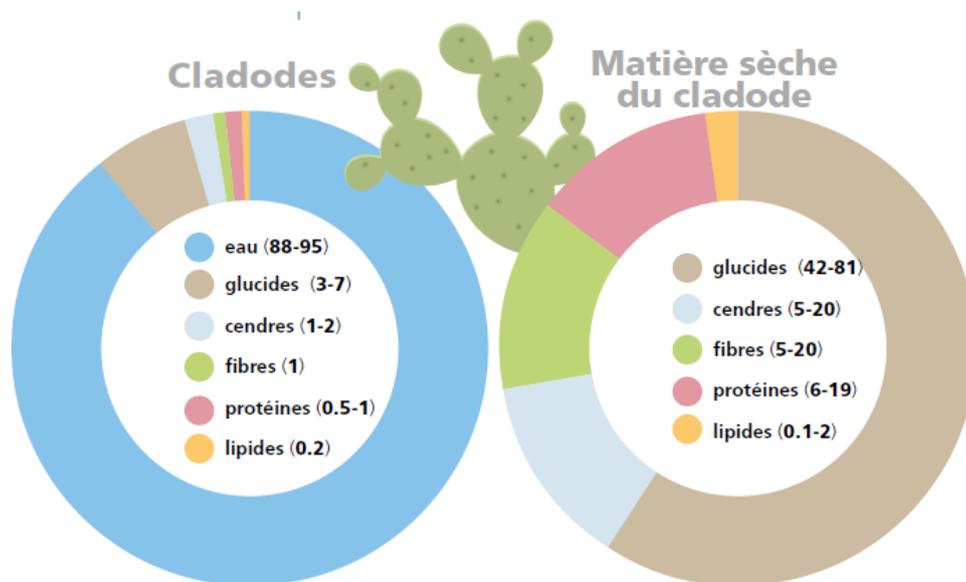
#### **4.2. Le Cladode**

Selon Buxbaum (1955), les organes de la tige du figuier de Barbarie sont nommés « cladodes » (Fig. 01). Ils sont succulents et leur forme est précisément oblongue à spatulée-oblongue, généralement 30-40 cm de long, quelques fois plus long (70-80 cm), et large de 18-25 cm. Le figuier de Barbarie est une plante CAM (*Crassulacean acid metabolism* : Métabolisme acide crassulacéen), il stocke une grande quantité d'eau dans ses cladodes (jusqu'à 95%), ce qui lui permet de résister à la sécheresse (Nobel, 1994, 1995). Les cladodes sont aussi le lieu de stock des glucides dont ils constituent 41-81% de la matière sèche (Fig. 02). D'après Guevara Figueroa *et al.* (2010), les analyses sur les cladodes d'*Opuntia* spp. commerciaux et sauvages du Mexique ont montré des profils polyphénoliques

et flavonoïdes dominants dans les produits frais et transformés de nopal. La présence de 5 flavonoïdes majeurs (isoquercitrine, l'isorhamnétine-3-O-glucoside, la nicotiflorine, la rutine et la narcissine) a été observée dans toutes les variétés et la nicotiflorine était prédominante.



**Figure 01.** Photos montrant la partie aérienne de jeune plantation de figuier de barbarie avec récents rejets de cladodes (A), et les fruits matures sur un cladode (B).



**Figure 02.** Composition biochimique approximative des cladodes frais et séchés du figuier de Barbarie (source : Stintzing and Carle, 2005 ; Guevara Figueroa *et al.*, 2010)

### 4.3. Les fleurs

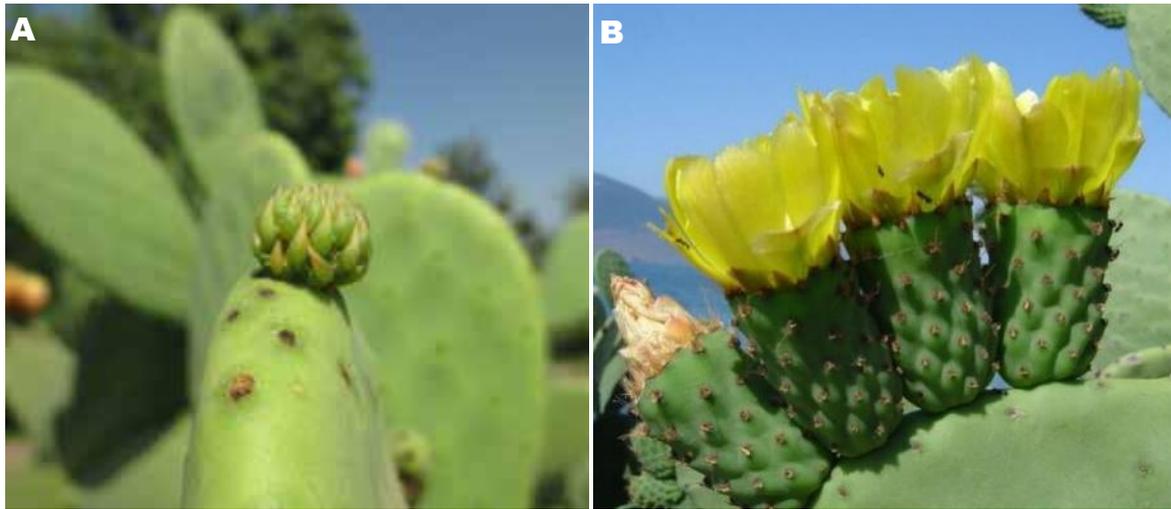
Un état de l'art réalisé par Reyes Agüero et ValienteBanuet (2006) sur la biologie reproductive d'*Opuntia* indique que, contrairement aux autres cactaceae, le méristème qui peut produire soit un nouveau cladode ou une fleur ne va pas produire de nouveau. De plus 74% des bourgeons floraux d'*O. ficus-indica* croissent sur des cladodes d'un an, avec la plupart des bourgeons végétatifs éclochant sur des cladodes de deux ans. *O. ficus-indica* développe 20 bourgeons floraux ou plus par cladode, et pendant le développement de la fleur, le péricarpe maintient son activité photosynthétique et le développement aréolaire de glochides, d'épines et de feuilles.

Quand le bourgeon floral d'*O. ficus-indica* est long de 0.5 cm, le gynécée et l'androcée peuvent être distingués au microscope. Les étamines se différencient rapidement en paires d'anthères, ayant chacun deux sacs de pollen. Les mêmes auteurs mentionnent que chez *O. ficus-indica* les ovaires ont beaucoup de carpelles, le nombre variant de 6 à 12 (généralement 8), qui croissent ensemble à la base et deviennent indépendantes à la région stigmatique.

L'ovaire uniloculaire contient jusqu'à 270 ovules ou primordia de graines pesant entre 0.44 et 3.01 mg. Chez *O. ficus-indica*, l'anthèse a lieu après midi et les fleurs se ferment au coucher du soleil et s'ouvrent à nouveau le jour suivant. Au début de l'anthèse, les étamines sont groupées ensemble autour du style mais se séparent plus tard. La déhiscence des anthères peut se produire 12 heures avant ou au moment de la floraison.

Reyes Agüero et ValienteBanuet (2006), en étudiant la biologie reproductive de quelques espèces *Opuntia*, indiquent que contrairement aux autres Cactaceae, le méristème qui peut produire soit un nouveau cladode ou une fleur ne va pas produire de nouveau. La fleur se forme à partir des bourgeons axillaires qui redeviennent actifs et croissent comme un rameau long au lieu d'un rameau court. Ce dernier forme une branche avec des feuilles et des aréoles ou produit une sorte de long rameau très modifié, c'est la fleur (Pimienta Barrios, 1990).

D'après Ammar *et al.* (2012), la composition chimique des fleurs du figuier de Barbarie extraites à quatre stades de floraison change dans le temps, où les constituants actifs sont à leur pic pendant le stade post-floraison.



**Figure 03.** Bourgeon floral (A) et fleurs (B) sur le bord d'un cladode entièrement développé chez le figuier de Barbarie.

#### 4.4. Le fruit

Le fruit du figuier de Barbarie croît vigoureusement en longueur, largeur, poids et volume dans les premiers 20-30 jours après l'anthèse ; il s'arrête de grandir approximativement 59-60 jours après l'anthèse. La taille du fruit dépend du nombre d'ovules fécondés et le nombre de graines qui avortent (Archibald, 1935 ; Pimienta Barrios, 1990 ; Barbera *et al.*, 1994). Les trichomes forment la pulpe après le développement des cellules épidermiques et de l'enveloppe du funicule (Pimienta Barrios et Engelman, 1985). Les figues de Barbarie présentent une activité antioxydante élevée grâce à la présence de vitamine C, de flavonoïdes et de bétalaïnes (Galati *et al.*, 2003 ; Kuti, 2004).



**Figure 05.** Photo des fruits de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) attachés sur le bord d'un cladode (à gauche), et coupe transversale d'un fruit (à droite)

## **5. Intérêts éco-systématisques**

Le figuier de Barbarie est un élément essentiel de l'environnement naturel, et fait partie de la culture de beaucoup de pays où il est bien adapté aux zones caractérisées par la sécheresse, des précipitations irrégulières et des sols pauvres exposés à l'érosion (Han et Felker, 1997 ; Nobel, 1991, 1994).

### **5.1. Amélioration des pâturages**

L'amélioration des pâturages par l'utilisation des plantations de figuier de Barbarie débute des années 1930-1940, principalement en Afrique du Nord. D'après Le Houérou (2002) ; les plantations de fourrage sont systématiquement développées, spécialement en Tunisie, à la suite des recherches conduites au Texas aux États-Unis d'Amérique. La productivité des pâturages plantés avec des cactus peut être augmentée par un facteur de 1 à 10 quand les pâturages sont très dégradés et de 1 à 5 quand les pâturages sont dans de bonnes conditions (Le Houérou *et al.*, 1991). Nefzaoui et El Mourid (2009) ont comparé la productivité des pâturages en Tunisie centrale quand ils ont été réhabilités avec le figuier de Barbarie et des arbustes à croissance rapide (*Acacia cyanophylla*). La réhabilitation avec le figuier de Barbarie a donné des taux de productivité plus élevés que la réhabilitation avec des arbustes d'*A. cyanophylla*.

### **5.2. Atténuation de l'érosion des sols**

La dégradation des terres affecte tous les continents et les moyens d'existence de millions de personnes, impliquant une grande proportion de personnes pauvres dans les terres arides (Nefzaoui *et al.*, 2014). Les sols des zones arides et semi-arides sont très sensibles à l'érosion hydrique principalement à cause de la faible couverture végétale, le teneur en matière organique et la résistance aux forces d'érosion (Cornelis, 2006, Arar et Chenchouni, 2014). Les sols qui forment une croûte sont typiques dans les zones sèches, où la dégradation des sols est induite par la réduction du taux d'infiltration et l'augmentation des ruissellements et du taux d'érosion (Ries et Hirt, 2008). Grâce au système racinaire superficiel du figuier de Barbarie et sa bonne tolérance à la sécheresse dans les habitats ouverts, il représente un moyen biologique très efficace pour lutter durablement contre le ruissellement et les érosions hydrique et éolienne (Atger et Edelin., 1994).

### **5.3. Clôture biologique et barrières végétales**

Avec le temps, les cactus, tels que le figuier de Barbarie, poussent pour atteindre des plantes de 3-6 m de haut produisant librement des branches. L'utilisation de diverses espèces de cactus pour les clôtures a de grands avantages qui vont bien au-delà des économies faites en n'ayant pas à utiliser des moyens coûteux tels que le fer (Tableau 2). Une fois créée, une clôture vivante fournit des fruits et une excellente protection pour les maisons et les cultures, tout en procurant des abris et habitats pour les espèces de la faune sauvage. Les propriétés physiques du sol et la teneur en matière organique sont considérablement améliorées sous les haies et dans les zones immédiatement adjacentes (Monjauze et Le Houérou, 1965).

**Tableau 02.** Comparaison de perte de sol (tonnes ha/an) sous différentes cultures dans le nord-est du Brésil semi-aride

Type de culture	Phase de préparation du sol	Phase de culture	De la récolte à la saison suivante de culture	Pertes totales de sol	Facteur C
Sol nu	7.19	8.2	13.71	29.1	1
Coton	2.42	1.77	6.72	10.91	0.392
Maïs	1.51	0.68	3.75	5.94	0.199
Maïs + Haricots	1.36	0.55	2.02	3.93	0.119
<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.48	0.02	1.48	1.98	0.072
Graminée pérenne	0	0.02	0.01	0.03	0.001

(Source : Margolis *et al.*, 1985)

#### 5.4. Potentiel de séquestration du carbone

Au cours des quatre dernières décennies, il est devenu évident que l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique due à la consommation des énergies fossiles est en train de causer l'augmentation de la variabilité du climat avec un réchauffement ascendant. Cela mène à d'importants problèmes associés au réchauffement climatique et aux régimes de précipitations continentales modifiés qui ont déjà un effet sur la distribution des espèces et des fonctions dans la biosphère des plantes (Walther *et al.*, 2002 ; Root *et al.*, 2003). Les recherches se sont concentrées sur l'évaluation du potentiel de la séquestration biologique du CO<sub>2</sub> par divers types de plantes. En comparaison avec les plantes C3 et C4, les plantes CAM (agaves et cactus) peuvent utiliser l'eau bien plus efficacement en ce qui concerne l'assimilation du CO<sub>2</sub> et la productivité (Nobel, 2009). La production de biomasse par unité d'eau est en moyenne 5 à 10 fois plus grande que pour les plantes C4 et C3 (Tableau 3). Le potentiel des systèmes CAM pour accumuler une biomasse élevée dépend de leur capacité à

allouer plus de glucides pour la croissance que pour le métabolisme acide nocturne (Borland et Dodd, 2002).

**Tableau 03.** Changement de biomasse totale et rendements de la culture d'orge (tonnes/ha) à Sidi Bouzid (Tunisie)

Traitement	Parcours naturel	Culture d'orge (seule)	Culture de cactus (seule)	Culture en allée (cactus + orge)
Biomasse aérienne (tonnes ha <sup>-1</sup> )	0.51	0.53	1.87	7.11
Biomasse racinaire (tonnes ha <sup>-1</sup> )	0.33	0.11	1.8	1.98
Rendement en grains d'orges (tonnes ha <sup>-1</sup> )	1.51	0.82		2.32
Grains d'orges + paille + adventices (tonnes ha <sup>-1</sup> )	1.36	4.24		6.65

(Source : Alary *et al.*, 2007)

### 5.5. Conversation de la biodiversité

L'intensification des pratiques agricoles dans le contexte du changement climatique est une cause de préoccupation, puisque cela altère dramatiquement les caractéristiques du sol et affecte les communautés de la flore et de la faune locales. Ces perturbations affectent la biodiversité qui est le constituant principal assurant la stabilité des écosystèmes naturels et les agroécosystèmes (Fontaine *et al.*, 2011).

Le figuier de Barbarie est fréquent dans beaucoup d'habitats arides et semi-arides. Ils ont un rôle notoire dans l'écologie et sont importants pour la faune et la flore partageant leur habitat. Padilla et Pugnaire (2006) rapportent que quelques plantes trouvent un bénéfice à être associées de prêt à leur voisin, un phénomène connu comme la facilitation. Le cactus fournit des fruits et des fleurs pour divers animaux - beaucoup d'espèces d'oiseaux, de chauves-souris et d'insectes, dont les abeilles. De plus grands mammifères, tels que le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus* Zimmerman), consomment en fait les raquettes des figuiers de Barbarie, malgré la formidable armure épineuse (Ramawat, 2010).

# Chapitre 2

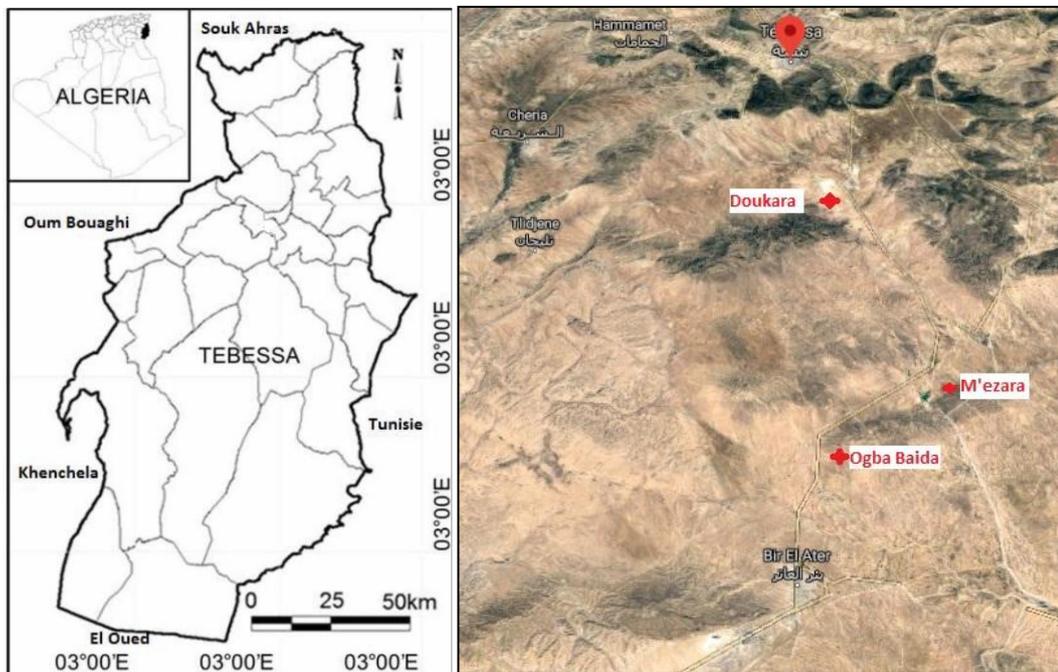
“  
*Mat riels et m thodes*  
”

## Chapitre 2 — Matériels et méthodes

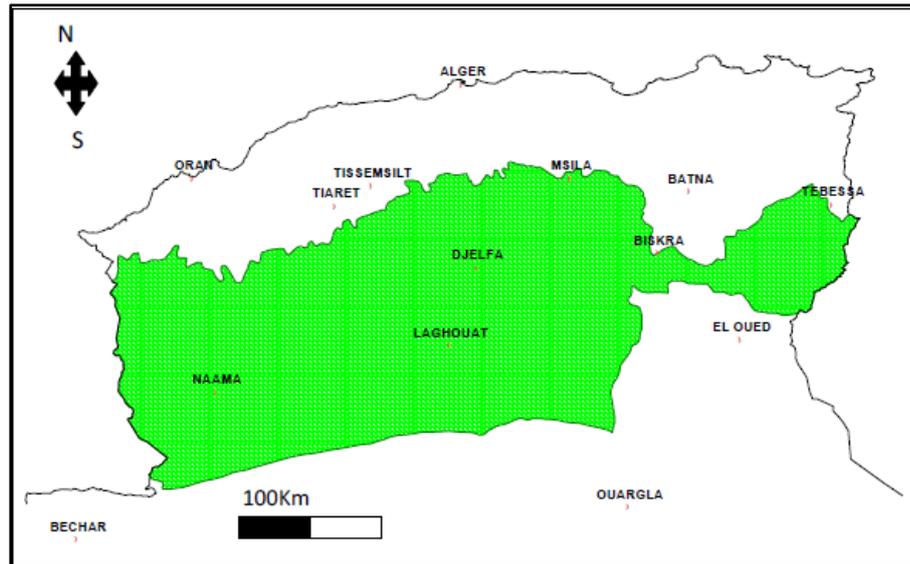
### 1. Présentation de la région d'étude

Cette étude a été effectuée dans la région de Bir El Ater, située dans le territoire de la wilaya de Tébessa, nord-est Algérien. La région de Tébessa est délimitée au nord par la wilaya de Souk Ahras, à l'est par la Tunisie, à l'ouest, par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchela et au sud par la wilaya d'El Oued (Fig. 06).

La végétation dans la région de Bir el-Ater est essentiellement constituée de touffes d'alfa. Au sud, se situe le Djebel Onk, orienté nord-est sud-ouest, il abrite des mines de phosphates. Le paysage devient plus accidenté avec quelques pitons et des oueds asséchés qui creusent de nombreux canyons ocre jaune. En poursuivant en direction de Negrine, la végétation se fait de plus en plus rare et le terrain est constitué de terre blanche et de cailloux.



**Figure 06.** Localisation géographique de la wilaya de Tébessa dans le nord-est algérien (gauche) et les trois stations échantillonnées dans la région de Bir El Ater (droite) (source : Google Earth, Mars 2020)



**Figure 07** : Délimitation des steppes algériennes (Nedjraoui, 2006)

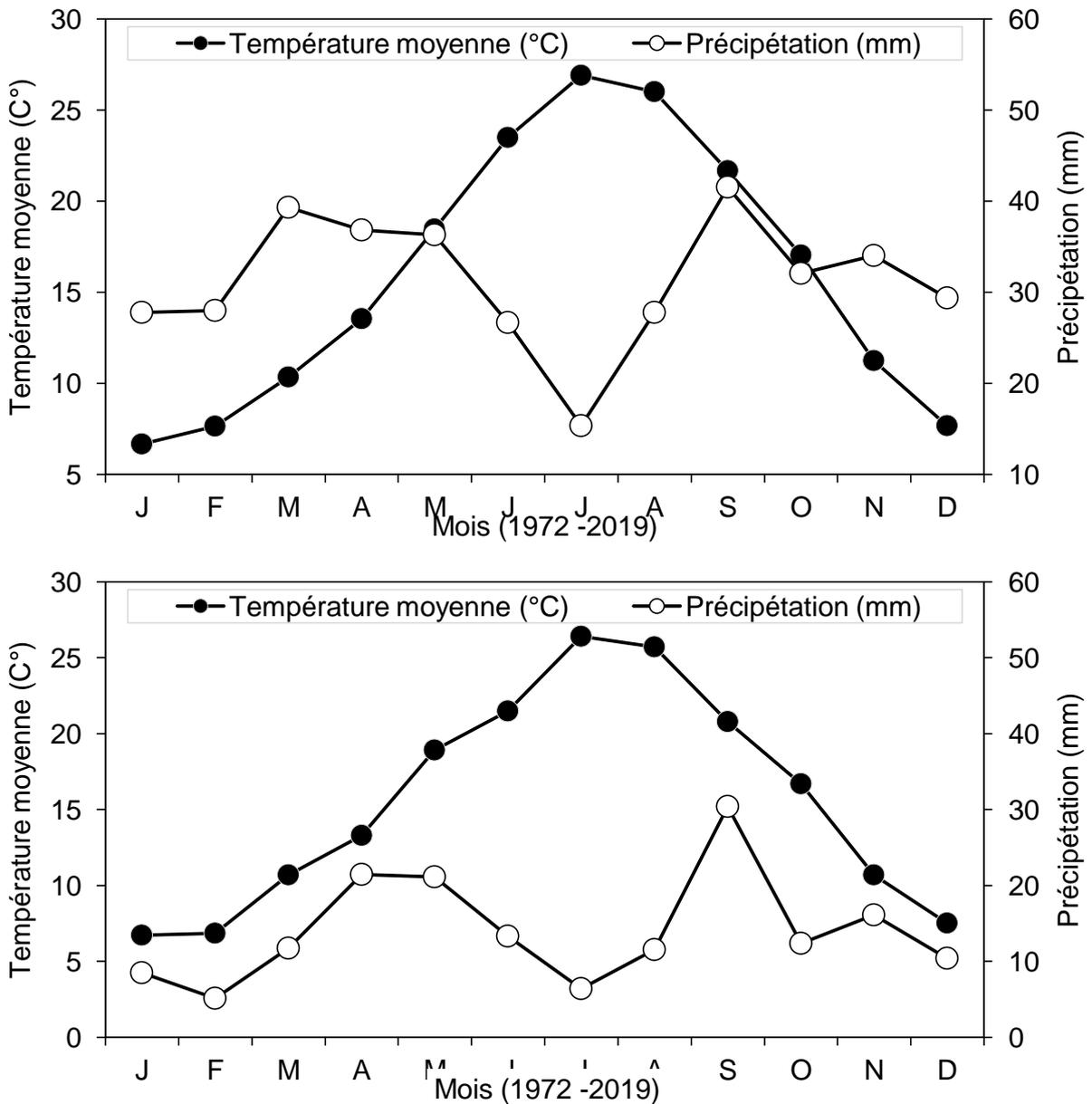
Sur le plan climatique, et en se basant sur les données climatologiques fournies par la station météorologique de Tébessa s'étalant sur une période de 48 ans (1972-2019) (Annexes 1 et 2), la région se caractérise par des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 375mm. Le mois de Septembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 41,5 mm alors que juillet et le moins pluvieux avec une moyenne de 15.3 mm. La température moyenne annuelle moyenne est de 15,89°C avec un maximum de 26,90°C enregistré pendant le mois de Juillet et un minimum de 6.65 °C noté durant Janvier. La synthèse bioclimatique a indiqué une valeur de l'indice de De Martonne de 14,43, soit l'équivalent d'un climat steppique semi-aride (Tableau 04). L'indice de De Martonne ( $I_{DM}$ ) est calculé selon la formule :  $I_{DM} = PP / (T+10)$ , où PP représente les précipitations moyennes annuelles (mm) et T, la température moyenne annuelle (°C). Par ailleurs, à Tébessa, le diagramme ombrothermique de Gaussen a délimité une saison sèche du mois de Mai jusqu'à Octobre et une saison humide du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril (Fig.07).

**Tableau 04.** Classes climatiques de l'indice d'aridité de De Martonne

Type de climat	Valeurs
Très aride : désertique (aride)	0-5
Aride : steppique, semi-aride (semi désertique)	5-15

Semi-aride	15-20
Modérément humide (moins subhumide)	20-30
Humide	30-60
Très humide	>60

(Source : Lunguet *et al.*, 2011)



**Figure 08.** Diagrammes ombrothermiques de la région de Tebessa obtenu à partir des données météorologiques de la période 1972-2019 (en haut), et pour la région de Safsaf El Ouesra pour la période 1972-2019.

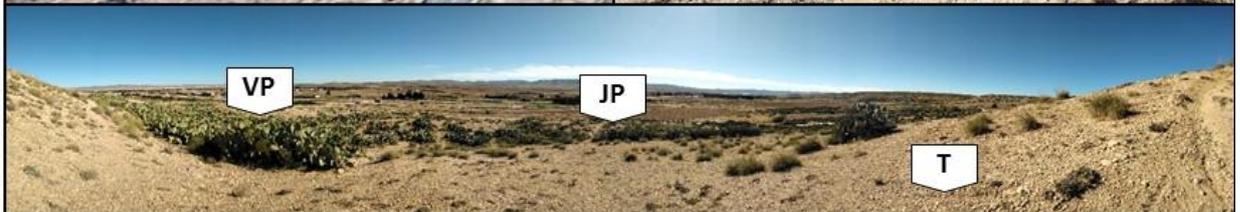
## 2. Sélection des parcelles expérimentales

Trois stations ont fait l'objet de cette étude : Ogba Beida, M'zara, et Doukara (Fig. 08). Ces stations ont été choisies comme des pseudorépétitions et afin d'avoir une représentation des deux types de plantations de figuier de Barbarie (Jeune vs. Vieille) dans la même région climatique à Bir El Ater. Dans chaque station, trois parcelles différentes ont été échantillonnées : une avec de jeunes plantations 'JP' de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), a deuxième avec des plantations vieilles 'VP' du figuier de Barbarie, et une dernière prise comme témoin (sans plantations de figuier) contenant de la végétation spontanée et située à proximité des deux premières parcelles (Tableau 05).

**Tableau 05.** Caractéristiques des différentes parcelles échantillonnées selon les trois stations dans la région de Bir El Ater à Tébessa (NE Algérie)

Caractéristiques	Parcelles étudiées		
	Jeune plantation	Vieille plantation	Témoin
<b>Station 1 : Ogba Beida</b>			
Latitude (Nord)	34° 51' 34,71"	34° 51' 29,84"	34° 51' 33,84"
Longitude (Est)	08° 05' 33,25 "E	08° 05' 29,02"	08° 05' 33,8 "
Altitude (m)	910	908	912
Age (année)	<2	10-15	/
Superficie (ha)	1-2	2-3	2-3
Profondeur (cm)	15-20	15-20	15-20
Végétation	N.D.	N.D.	N.D
<b>Station 2 : M'zara</b>			
Latitude (Nord)	34°53' 00,36"	34° 53' 04,06"	34°53' 05,11"
Longitude (Est)	08° 05' 40,37"	08°05' 44,48 "	08° 05' 43,44"
Altitude (m)	934	938	940
Age (année)	< 2	20	/
Superficie (ha)	1-2	2-3	2-3
Profondeur (cm)	15-20	15-20	15-20
Végétation	N.D.	N.D.	N. D
<b>Station 3 : Doukara</b>			
Latitude (Nord)	34°59'54,12"	34°59' 53,73"	34°59' 52,9"
Longitude (Est)	08° 14' 51,96"	08° 14' 52,13"	08° 14' 54,72"
Altitude (m)	960	954	959
Age (année)	2	20	/
Superficie (ha)	1-2	1-2	1-2
Profondeur (cm)	15-20	15-20	15-20

Végétation	N.D.	N.D.	N. D
(N.D. : non déterminée dans cette étude)			



**Figure 08.** Photographies montrant les stations d'échantillonnage dans la région de Tébessa : Ogba Beida (en haut), M'zara (milieu) et Doukara (en bas). T : témoin (parcelle non plantée), JP : jeune plantation, VP : vieille plantation du figuier de Barbarie.

(Source des images satellitaires "photos dans le coin supérieur gauche" : Google Earth, 2020).

### 3. Prélèvement et analyse des échantillons de sol

Puisque les sols des parcours steppiques sont squelettiques (Djebaili, 1978), les prélèvements des échantillons de sols n'ont pas dépassé les 15 cm. Cette profondeur est jugée suffisante pour étudier l'effet des plantations du figuier de Barbarie sur le changement des caractéristiques du sol étant donné que l'espèce présente un système racinaire exclusivement superficiel.

La plantation dans les trois parcelles elle est semblable. Où ça planté d'une façon spontanée par les agriculteurs se distingue par son organisation en lignes. Quant au sol, il est sec, fertile et irrigué dans les trois régions. La couleur du sol est brun blanchâtre, surtout dans les parcelles (AgbaEl-BAIDA et DOUKKARA)

Nous avons prélevé des échantillons (200g à 500g de sol dans chaque échantillon) en octobre 2019 avec deux répétitions dans chaque point de prélèvement.

Dans chaque parcelle suscitée, cinq profils pédologiques répartis à peu près sur un hectare sont effectués (quatre au sommet et un au milieu de la parcelle considérée de géométrie rectangulaire). Séparément et à l'aide d'un piochon, chaque échantillon est mis dans un sachet étiqueté pour être analysé ultérieurement au laboratoire (Figure 09).



**Figure 09.** Mode de Prélèvement des échantillons pour les analyses au laboratoire :

Le premier prélèvement pour l'analyse de la densité apparente et la deuxième l'échantillon d'un point d'étude.

#### **4. Analyses physicochimiques du sol**

Les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre après avoir éliminé les racines et les particules minérales grossières ( $> 2\text{mm}$ ) puis tamisés avec un tamis de  $2\text{ mm}$  pour obtenir la terre fine. À l'exception de la densité apparente dont le prélèvement par le cylindre se fait sur place au moment même du prélèvement du sol, l'analyse des autres paramètres a été faite sur la terre fine (Annexe 03); en suivant des méthodes standards d'analyses physicochimiques du sol (Baize, 2000). Les paramètres analysés sont :

- Le pH et la conductivité électrique (CE) du sol est effectué dans une suspension sol/eau de ratio 1/5.
- Le calcaire total est basé sur la réaction acide-base avec l'HCl dilué au 1/3 (Dermech et al., 1982).
- Le calcaire total est une des composantes héritées du sol, éventuellement légèrement modifiable par apports massifs et répétés d'amendements basiques (Abdous et Belkhef, 2019)

- La densité apparente est la masse d'une unité de volume du sol séché à 105°C. Ce volume comprend aussi bien les solides que les pores. Elle a été mesurée par la méthode des cylindres en utilisant les échantillons non perturbés et frais connaissant le poids sec constant des échantillons à 105°C et le volume des cylindres des prélèvements utilisés (Blake et Hartage, 1986). La méthode de détermination consiste à prélever un volume connu de terre.
- Le taux de matière organique est calculé en multipliant la teneur en carbone par un coefficient stable dans les sols cultivés
- Le taux de carbone organique est déterminé par la méthode de Walkley et Black (1934).
- Le stock du carbone par profil (Cerri et al., 2007).

### **5. Analyse des données et tests statistiques**

Les valeurs des paramètres physicochimiques du sols sont exprimées par des moyennes avec écart-types et l'étendue (minimum-maximum) pour les stations, les âges des plantations du figuier de Barbarie et pour les âges dans chaque station. La variation de chaque paramètre du sol a été testée par une analyses de la variance (ANOVA) à deux critères de classification en fonction des stations, âges des plantation (+ témoin) et leur interaction "Stations  $\times$  Âges". Des comparaisons multiples des moyennes (Post hoc test de Tukey) ont été utilisées pour distinguer les groupes homogènes des deux facteurs précédents et les combinaisons de leurs modalités. Pour tous les tests, le niveau de significativité statistique retenue était 0,05. Les calculs ont été réalisés avec Excel version 2016.

# Chapitre 3

“ ”  
*R sultats*

## Chapitre 3 — Résultats

### 1. Variation du pH

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [8.14–8.61] au moyenne 8.32, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [8.12–8.45] au moyenne 8.31 dans la deuxième station (M'zara), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [6.69–7.39] au moyenne 7.03. Au total, la moyenne des valeurs est 7.89. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 8.4 par contre la valeur la plus faible est 6.93 (Tableau 06).

**Tableau 06** Valeurs moyennes  $\pm$  écart-types du potentiel hydrogène (pH) des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations  $\times$  Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	8.4 $\pm$ 0.13 a [8.25–8.61]	8.27 $\pm$ 0.08 a [8.14–8.39]	8.31 $\pm$ 0.1 a [8.15–8.48]	8.32 $\pm$ 0.12 $\alpha$ [8.14–8.61]
M'zara	8.33 $\pm$ 0.08 a [8.19–8.45]	8.3 $\pm$ 0.1 a [8.12–8.43]	8.31 $\pm$ 0.1 a [8.12–8.44]	8.31 $\pm$ 0.09 $\alpha$ [8.12–8.45]
Ogba Beida	7.06 $\pm$ 0.19 b [6.73–7.29]	6.93 $\pm$ 0.14 b [6.69–7.1]	7.11 $\pm$ 0.16 b [6.85–7.39]	7.03 $\pm$ 0.18 $\beta$ [6.69–7.39]
Total	7.93 $\pm$ 0.64 A [6.73–8.61]	7.84 $\pm$ 0.66 B [6.69–8.43]	7.91 $\pm$ 0.59 AB [6.85–8.48]	7.89 $\pm$ 0.62 [6.69–8.61]

D'après le tableau, dans la variation des valeurs du potentiel hydrogène (pH) il n'y a pas une différence significative entre les valeurs pour les deux paramètres station ( $P = < 0.001$ ) et âges ( $P = 0.018$ ). Par contre, il n'y a pas une différence significative entre les valeurs pour le paramètre station  $\times$  âge ( $P = 0.154$ ) (Tableau 07).

**Tableau 07** Analyse de la variance (ANOVA) testant la variation des valeurs du potentiel hydrogène (pH) des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station  $\times$  Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	33.05	16.53	1027.05	<0.001

Âge	2	0.14	0.07	4.25	0.018
Station × Âge	4	0.11	0.03	1.72	0.154
Erreur résiduelle	81	1.30	0.02		
Total	89	34.60			

## 2. Variation de conductivité électrique

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [67.2–231] au moyenne 97.5, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [70.1–157.1] au moyenne 97.5 dans la deuxième station (M'zara), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [90–1878] au moyenne 293.5. Au total, la moyenne des valeurs est 162.9. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 613.4 par contre la valeur la plus faible est 90 (en mS/cm) (Tableau 08).

**Tableau 08.** Valeurs moyennes ± écart-types (en mS/cm) de la conductivité électrique (CE) des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations × Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	116.4 ± 43.8 b [83.4–231]	86.1 ± 12.3 b [67.2–109.9]	90 ± 12.6 b [72.1–108.7]	97.5 ± 29.6 β [67.2–231]
M'zara	97 ± 11.4 b [79.9–112.3]	90.4 ± 15.7 b [72.5–129]	105.2 ± 24.1 b [70.1–157.1]	97.5 ± 18.3 β [70.1–157.1]
Ogba Beida	613.4 ± 754.7 a [102.1–1878]	143.3 ± 42.1 b [90–222]	123.9 ± 29.2 b [100.1–186.8]	293.5 ± 480.2 α [90–1878]
Total	275.6 ± 486.3 A [79.9–1878]	106.6 ± 37 B [67.2–222]	106.4 ± 26.3 B [70.1–186.8]	162.9 ± 290.1 [67.2–1878]

D'après le tableau, dans la variation des valeurs de la conductivité électrique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il n'y a pas une différence significative entre les valeurs pour les trois paramètres station ( $P=0.004$ ), âges ( $P=0.014$ ) et station × âge ( $P=0.007$ ) (Tableau 09).

**Tableau 09.** ANOVA testant la variation des valeurs de la conductivité électrique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station × Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	768372	384186	6.01	0.004
Âge	2	572111	286056	4.47	0.014

Station × Âge	4	971329	242832	3.80	0.007
Erreur résiduelle	81	5178661	63934		
Total	89	7490474			

### 3. Variation du calcaire total

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [1.82–22.06] au moyenne 10.66, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [2.96–25.7] au moyenne 16.39 dans la deuxième station (M'zara), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [0.68–29.79] au moyenne 12.96. Au total, la moyenne des valeurs est 13.34. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 18.42 par contre la valeur la plus faible est 8.34 (en %) (Tableau 10).

**Tableau 10.** Valeurs moyennes ± écart-types (en %) du calcaire total des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations × Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	12.46 ± 4.59 ab [6.14–20.01]	11.19 ± 7.45 ab [2.5–22.06]	8.34 ± 5.16 b [1.82–17.06]	10.66 ± 5.93 β [1.82–22.06]
M'zara	18.42 ± 4.35 a [12.28–24.79]	16.58 ± 7.2 ab [2.96–25.7]	14.19 ± 5.12 ab [5.46–20.01]	16.39 ± 5.76 α [2.96–25.7]
Ogba Beida	12.21 ± 8.15 ab [0.68–28.43]	16.48 ± 5.79 ab [4.78–23.88]	10.19 ± 10.21 ab [1.59–29.79]	12.96 ± 8.4 αβ [0.68–29.79]
Total	14.36 ± 6.45 A [0.68–28.43]	14.75 ± 7.09 A [2.5–25.7]	10.91 ± 7.41 A [1.59–29.79]	13.34 ± 7.13 [0.68–29.79]

D'après le tableau, dans la variation des valeurs du calcaire total dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il ya une différence significative entre les valeurs pour les deux paramètres station × âge ( $P=0.629$ ) et âges ( $P=0.056$ ). Par contre, il n'y a pas une différence significative entre les valeurs pour le paramètre station ( $P=0.005$ ) (Tableau 11).

**Tableau 11.** ANOVA testant la variation des valeurs du calcaire total dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station × Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	499.11	249.55	5.55	0.005
Âge	2	268.67	134.34	2.99	0.056
Station × Âge	4	116.80	29.20	0.65	0.629

Erreur résiduelle	81	3640.26	44.94
Total	89	4524.84	

#### 4. Variation du calcaire actif

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [4.5–7.25] au moyenne 6.73, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [6.75–12.5] au moyenne 9.52 dans la deuxième station (M'zaea), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [8.75–15.75] au moyenne 12.24. Au total, la moyenne des valeurs est 9.49. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 13.5 par contre la valeur la plus faible est 6.3 (en %) (Tableau 12).

**Tableau 12.** Valeurs moyennes  $\pm$  écart-types (en %) du calcaire actif des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations  $\times$  Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	7.08 $\pm$ 0.31 cd [6.25–7.25]	6.8 $\pm$ 0.71 cd [5.5–7.25]	6.3 $\pm$ 0.95 d [4.5–6.75]	6.73 $\pm$ 0.76 $\gamma$ [4.5–7.25]
M'zara	10.9 $\pm$ 0.21 b [10.5–11]	9.7 $\pm$ 1.14 b [8.5–12.5]	7.95 $\pm$ 1.35 c [6.75–9.5]	9.52 $\pm$ 1.58 $\beta$ [6.75–12.5]
Ogba Beida	13.08 $\pm$ 1.79 a [10.75–15.5]	10.15 $\pm$ 0.74 b [8.75–10.5]	13.5 $\pm$ 1.5 a [12.5–15.75]	12.24 $\pm$ 2.04 $\alpha$ [8.75–15.75]
Total	10.35 $\pm$ 2.72 A [6.25–15.5]	8.88 $\pm$ 1.73 B [5.5–12.5]	9.25 $\pm$ 3.37 B [4.5–15.75]	9.49 $\pm$ 2.74 [4.5–15.75]

D'après le tableau, dans la variation des valeurs du calcaire actif dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il n'ya pas une différence significative entre les valeurs pour les trois paramètres station ( $P = < 0.001$ ), âges ( $P = < 0.001$ ) et station  $\times$  âge ( $P = < 0.001$ ) (Tableau 13).

**Tableau 13.** ANOVA testant la variation des valeurs du calcaire actif dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station  $\times$  Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	456.53	228.26	192.67	<0.001
Âge	2	34.96	17.48	14.75	<0.001
Station $\times$ Âge	4	78.68	19.67	16.60	<0.001

Erreur résiduelle	81	95.96	1.18
Total	89	666.12	

### 5. Variation du carbone total

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [0.03–1.95] au moyenne 0.57, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [0.03–1.35] au moyenne 0.44 dans la deuxième station (M'zaea), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [0.12–1.95] au moyenne 0.7. Au total, la moyenne des valeurs est 1.07. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 1.22 par contre la valeur la plus faible est 0.22 (en %) (Tableau 14).

**Tableau 14.** Valeurs moyennes  $\pm$  écart-types (en %) du carbone organique total des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations  $\times$  Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	0.41 $\pm$ 0.27 cd [0.06–0.96]	1.08 $\pm$ 0.52 cd [0.45–1.95]	0.22 $\pm$ 0.17 d [0.03–0.45]	0.57 $\pm$ 0.5 $\gamma$ [0.03–1.95]
M'zara	0.35 $\pm$ 0.26 b [0.03–0.78]	0.41 $\pm$ 0.32 b [0.09–0.96]	0.58 $\pm$ 0.42 c [0.06–1.35]	0.44 $\pm$ 0.34 $\beta$ [0.03–1.35]
Ogba Beida	0.89 $\pm$ 0.38 a [0.12–1.41]	1.1 $\pm$ 0.44 b [0.6–1.95]	1.22 $\pm$ 0.13 a [1.05–1.44]	1.07 $\pm$ 0.36 $\alpha$ [0.12–1.95]
Total	0.55 $\pm$ 0.39 A [0.03–1.41]	0.86 $\pm$ 0.53 B [0.09–1.95]	0.67 $\pm$ 0.49 B [0.03–1.44]	0.7 $\pm$ 0.49 [0.03–1.95]

D'après le tableau, la variation des valeurs de la matière organique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il n'ya pas une différence significative entre les valeurs pour les trois paramètres station ( $P = < 0.001$ ), âges ( $P = 0.003$ ) et station  $\times$  âge ( $P = < 0.001$ ) (Tableau 15).

**Tableau 15.** ANOVA testant la variation des valeurs du carbone total dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station  $\times$  Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	6.57	3.29	27.62	<0.001
Âge	2	1.46	0.73	6.15	0.003
Station $\times$ Âge	4	3.39	0.85	7.14	<0.001

Erreur résiduelle	81	9.63	0.12
Total	89	21.06	

## 6. Variation de la matière organique

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [0.05–3.35] au moyenne 0.98, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [0.05–2.32] au moyenne 0.76 dans la deuxième station (M'zara), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [0.21–3.35] au moyenne 1.84. Au total, la moyenne des valeurs est 1.2. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 2.09 par contre la valeur la plus faible est 0.38 (en %) (Tableau 16).

**Tableau 16.** Valeurs moyennes  $\pm$  écart-types (en %) de la matière organique des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations  $\times$  Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	0.71 $\pm$ 0.46 bc [0.1–1.65]	1.85 $\pm$ 0.89 a [0.77–3.35]	0.38 $\pm$ 0.29 c [0.05–0.77]	0.98 $\pm$ 0.87 $\beta$ [0.05–3.35]
M'zara	0.59 $\pm$ 0.44 c [0.05–1.34]	0.7 $\pm$ 0.55 bc [0.15–1.65]	1 $\pm$ 0.73 bc [0.1–2.32]	0.76 $\pm$ 0.59 $\beta$ [0.05–2.32]
Ogba Beida	1.54 $\pm$ 0.66 ab [0.21–2.43]	1.89 $\pm$ 0.75 a [1.03–3.35]	2.09 $\pm$ 0.22 a [1.81–2.48]	1.84 $\pm$ 0.62 $\alpha$ [0.21–3.35]
Total	0.95 $\pm$ 0.67 B [0.05–2.43]	1.48 $\pm$ 0.91 AB [0.15–3.35]	1.16 $\pm$ 0.85 A [0.05–2.48]	1.2 $\pm$ 0.84 [0.05–3.35]

D'après le tableau, la variation des valeurs de la matière organique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il n'ya pas une différence significative entre les valeurs pour les trois paramètres station ( $P < 0.001$ ), âges ( $P = 0.003$ ) et station  $\times$  âge ( $P < 0.001$ ) (Tableau 17).

**Tableau 17.** ANOVA testant la variation des valeurs de la matière organique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station  $\times$  Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	19.44	9.72	27.62	<0.001

Âge	2	4.33	2.16	6.15	0.003
Station × Âge	4	10.04	2.51	7.14	<0.001
Erreur résiduelle	81	28.50	0.35		
Total	89	62.31			

### 7. Variation de la densité apparente

Selon le tableau, nous remarquons que l'intervalle de valeurs dans la première station (Doukara) varie entre [0.1–1.46] au moyenne 0.69, alors que nous constatons que les valeurs varient entre [0.83–1.5] au moyenne 1.18 dans la deuxième station (M'zaea), quant à la troisième station (Ogba Beida) les valeurs varient entre [0.8–1.33] au moyenne 1.07. Au total, la moyenne des valeurs est 0.98. Nous trouvons la valeur la plus élevée est 1.23 par contre la valeur la plus faible est 0.13 (en g/cm<sup>3</sup>) (Tableau 18).

**Tableau 18.** Valeurs moyennes ± écart-types (en g/cm<sup>3</sup>) de la densité apparente des sols de la rhizosphère des plantations du figuier de Barbarie collectés de différentes stations de la région de Tébessa (nord-est algérien). Les lettres en exposant indiquent les différences entre les stations (lettres majuscules), entre les âges des plantations " JP : jeune plantation, VP : vieille plantation + témoin" (lettres grecs) et pour l'interaction "Stations × Âges" (lettres minuscules). Les valeurs avec les mêmes lettres sont significativement non différentes selon le test des contrastes de Tukey)  $P > 0.05$ . Les valeurs entre crochets représentent l'étendue (minimum-maximum).

Stations	JP	VP	Témoin	Total
Doukara	0.82 ± 0.62 b [0.1–1.46]	1.13 ± 0.2 ab [0.79–1.42]	0.13 ± 0.02 c [0.1–0.16]	0.69 ± 0.56 <b>β</b> [0.1–1.46]
M'zara	1.2 ± 0.11 a [1.04–1.39]	1.11 ± 0.19 ab [0.83–1.5]	1.23 ± 0.04 a [1.15–1.29]	1.18 ± 0.14 <b>α</b> [0.83–1.5]
Ogba Beida	1 ± 0.1 ab [0.8–1.12]	1.09 ± 0.13 ab [0.85–1.24]	1.12 ± 0.16 ab [0.88–1.33]	1.07 ± 0 <sup>2</sup> .14 <b>α</b> [0.8–1.33]
Total	1.01 ± 0.39 A [0.1–1.46]	1.11 ± 0.17 A [0.79–1.5]	0.83 ± 0.51 B [0.1–1.33]	0.98 ± 0.4 [0.1–1.5]

D'après le tableau, la variation des valeurs de la matière organique dans les sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie il n'ya pas une différence significative entre les valeurs pour les trois paramètres station ( $P = < 0.001$ ), âges ( $P = < 0.001$ ) et station × âge ( $P = < 0.001$ ) (Tableau 19).

**Tableau 19.** ANOVA testant la variation des valeurs de la densité apparente des sols rhizosphériques des plantations du figuier de Barbarie selon les stations étudiées, l'âge des plantations et l'interaction "Station × Âge"

Source de variation	DDL	SCE	CM	F <sub>(Obs)</sub>	P-value
Station	2	3.89	1.94	33.32	<0.001

Âge	2	1.23	0.62	10.55	<0.001
Station $\times$ Âge	4	4.19	1.05	17.97	<0.001
Erreur résiduelle	81	4.72	0.06		
Total	89	14.03			

---

# Chapitre 4

“*Discussion et Conclusion Générale*”

## Chapitre 4 — Discussion et Conclusion Générale

L'hypothèse que nous avons émise dans l'introduction de ce travail était l'étude de l'impact de la plantation du figuier de Barbarie sur les caractéristiques physicochimiques du sol en région aride de la wilaya de Tébessa (nord-est Algérien) par rapport à des sols steppiques témoins (non plantés).

D'après ce qui a été déduit du chapitre précédent (Tableau 06), En ce qui concerne le PH, selon Masscheleyn (1991) tout ce qui se situe entre 6,8 et 7,2 est considéré comme un pH neutre en règle générale, C'est ce qu'on observe dans la station de Doukara par contre le PH peu alcalin dans les autres stations (Ogba El Baida et M'ezara). D'autre part. On ne trouve pas beaucoup de différence entre l'âge des arbres et entre les parcelles cultivées et les parcelles non cultivées dans les trois parcelles à travers les résultats obtenus dans les analyses d'ANOVA (Tableau 07).

En général, La limite de détection rapportée est de 0,005 mS/cm et le domaine d'application est entre 0,005 et 500 mS/cm (Montoroi., 1997) et c'est ce que nous avons trouvé dans les résultats (Tableau 08) et en faisant correspondre avec des analyses d'ANOVA (Tableau 09), on constate qu'il n'y a pas de différence claire entre les valeurs, ce qui indique que la présence l'opuntia n'affecte pas d'une manière ou d'une autre sur la conductivité du sol dans le milieu aride.

D'après le tableau (10), Le calcaire total les résultats les résultats montrent il y a une différence entre entre les trois stations et une différence entre les parcelles implanté (Jeune et Viellie) et le parcelle témoin dans chaque station. Les résultats de calcaire actif (Tableau 12) ont montré Il y a une différence entre le sol implanté et le sol témoin Cela indique l'effet de l'opuntia sur le sol (soit jeune ou vieillie plantation) Par contre, Nous ne remarquons pas de changement majeur pour les différents âges de la plante et la terre témoin mais il y a une différence entre la station de Ogba Beida et les autres stations. Pour le carbone organique (Tableau 14) les résultats montrent dans les deux stations (Doukara et M'zara) il y a une différence entre le sol implanté et le sol témoin par contre notez qu'il y a une différence seulement une différence dans le parcelle jeune plantation de station de Doukara. Concernant les analyses d'ANOVA (Tableau 11, Tableau 13 et Tableau 15) n'ont pas trouvé de différence significative entre les résultats. Grâce à ces résultats, nous en déduisons que la matière organique est un élément important dans l'étude des sols. Les résultats de la matière

organique (Tableau 16) montrent qu'il y a une différence entre les trois stations où le pourcentage est élevé par rapport dans station « Doukara » par rapport à les autres stations. Généralement en remarque changement dans la quantité de matière organique au parcelle vieillie par rapport les autres parcelles (Jeune plantation et Témoin) aux trois stations.

La matière organique est le constituant du sol qui reflète le mieux les interactions entre le sol, la biosphère et l'atmosphère, car elle dépend à la fois de la nature du sol et de l'environnement bioclimatique (VOLKOFF et CERRI, 1988). La distribution verticale du carbone total semble nettement liée au climat, les températures élevées s'accompagnant d'une décroissance rapide des teneurs en carbone total avec la profondeur. La relation entre la vitesse de minéralisation des matières organiques et les caractéristiques thermiques du lieu est bien connue (JENNY et al., 1948 ; LAUDELOUT et al., 1960 ; ENKINSON, 1981).

La densité apparente permet de rendre compte de ce phénomène : pour la calculer, on divise la quantité de matière (m) exprimée en grammes, par le volume occupé (V) exprimé en cm<sup>3</sup>. Elle diffère de la « densité réelle » d'un corps car, comme on vient de le voir, on considère non pas une quantité de matière compacte, mais un mélange de produit et de « vide ». Selon le Tableau (18) Nous remarquons une similitude concernant la station de Ogba Beida dans les trois parcelles (Vieillie , Jeune et Témoin) par contre on remarque il y a une différence dans le parcelle Jeune et les autres parcelles dans les deux stations (Doukara et M'ezara).

Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance de la figue de barbarie comme moyen de réhabilitation et la fertilisation des zones semi-aride et les partiel dégradées.

Les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence entre les différentes catégories d'âge, toutes les catégories contribuent positivement, non seulement sur le taux de la matière organique dans le sol mais aussi influencent les différents paramètres physico chimiques.

Ces résultats quoi que préliminaire peut fournir des informations cruciales pour les scientifiques et surtout pour les gestionnaires des zone aride et semi-aride pour lutter contre la désertification.

# Références

## Références

- Abdous, S. A., & Belkhef, K. (2019). Caractéristiques physiques et chimiques des sols sous vignes traitées (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Aidoud, A., & Touffet, J. (1996). La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7(3), 187-193.
- Aidoud, A., Le Floc'h, E., & Le Houerou, H.N. (2006). Les steppes arides du Nord de L'Afrique. *Sécheresse*, 17 : 19-30.
- Alkämper, J. (1984). Chancen und Risiken im Anbau und in der Nutzung von Opuntien. *Giessener Beitr. Entwicklungsforsch.*, 11: 9–14.
- Amghar, F., Forey, E., Richard, B., Touzard, B., Laddada, S., Brouri, L., ... & Margerie, P. (2016a). Old nurses always die: impacts of nurse age on local plant richness. *Plant ecology*, 217(4) : 407-419.
- Amghar, F., Langlois, E., Forey, E., & Margerie, P. (2016b). La mise en défens et la plantation fourragère: deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 20(3) : 386-396
- Arar, A., & Chenchoune, H. (2014). A "simple" geomatics-based approach for assessing water erosion hazard at montane areas. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(1), 1-12.
- Barbera, G. & Inglese, P. 1993. La coltura del fico d'india. Bologna, Italy, Edagricole.
- Beccaro, G.L., Bonvegna, L., Donno, D., Mellano, M.G., Cerutti, A.K., Nieddu, G., Chessa, I. & Bounous, G. 2015. *Opuntia* spp. Biodiversity conservation and utilization on the Cape Verde Islands. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 62(1): 21–33.
- Bedrani, S. (1999). Situation de l'agriculture, de l'alimentation et de l'économie algérienne. CIHEAM. Paris.
- Bedrani, S. (2006). Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans les régions méditerranéennes. Rapport annuel CIHEAM. Agri. Med Algérie.
- Belgacem, F. B. (2012). Uniqueness for an ill-posed reaction-dispersion model. Application to organic pollution in stream-waters.
- Berger, A. 1905. *Opuntia ficus-indica* Mill. *Monatsschr. Kakteenk.*, 15: 153–154.
- Bessaoud, O. (2006). La stratégie de développement rural en Algérie. *Options méditerranéennes, série A*, 71, 79-89.
- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density 1. *Methods of soil analysis: part 1 physical and mineralogical methods, (methods of soil analysis)*, 363-375.
- Boke, N.H. 1980. Developmental morphology and anatomy in Cactaceae. *BioScience*, 30: 605–610.
- Bravo Hollis, H. & Sánchez Mejerada, H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. 3. Mexico D.F., National Autonomous University of Mexico
- Brusch, M.O & Zimmermann, H.G. 1993. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*, Cactaceae) in South Africa: Utilization of the naturalized weed, and of the cultivated plants. *Econ. Bot.*, 47(2): 154–156.
- Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A. M., ... & Livrea, M. A. (2002). Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(23), 6895-6901.

- Buxbaum, F. 1955. The phylogenetic division of the subfamily cereoideae, cactaceae. *Madrono*, 14(6): 177–206.
- Callaway, R. M. (2007). Positive interactions and interdependence in plant communities. Springer Science & Business Media.
- Callaway, R. M., Nadkarni, N. M., & Mahall, B. E. (1991). Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understory productivity in central California. *Ecology*, 72(4), 1484–1499.
- Callen, E.O. 1965. Food habits of some pre-Columbian Mexican Indians. *Econ. Bot.*, 19: 335–343.
- Casas, A. & Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*. Berkeley, CA, USA, University of California Press, pp.143–162.
- Cerri, C. E., Easter, M., Paustian, K., Killian, K., Coleman, K., Bernoux, M., et al. (2007). Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with RothC and Century models. *Agriculture, Ecosystems&Environment*, 122(1), 46–57.
- De Candolle, A. P., & de Candolle, A. (1844). *Théorie élémentaire de la botanique, ou, Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux*. Roret.
- De Micco, V. & Aronne, G. 2012. Morpho-anatomical traits for plant adaptation to drought. plant responses to drought stress. In R. Aroca, ed. *Plant responses to drought stress from morphological to molecular features*, pp. 37–61. 461 pp.
- Dermech, Kh., Karouani, M., & El Belkhi, M. (1982). *L'essentiel en pédologie*. Direction des publications universitaires, Haleb, Syrie.
- Diguet, L. 1928. Les cactacées utiles du Mexique. *Archives d'Histoire Naturelles, Soc. Nat. D'Acclimatation de France, Paris*. 552 pp.
- Djebaili, S. (1978). *Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien*. Thèse Doct, Montpellier, 229p.
- Djebaili, S. (1984). *Steppe algérienne, phytosociologie et écologie*. OPU, Alger, 159.
- Dubrovsky, J.G., North, G.B. & Nobel, P.S. 1998. Root growth, developmental changes in the apex, and hydraulic conductivity for *Opuntia ficus-indica* during drought. *New Phytol.*, 138: 75–82.
- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1989). Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of Cacti. *Journal of Ecology*, 77: 870–886.
- Gibson, A.C. & Nobel, P.S. 1986. *The cactus primer*. Cambridge, MA, USA, Harvard University Press.
- Glantz, M. H., & Orlovsky, N. S. (1983). Desertification: A review of the concept. *Desertification Control Bulletin*, 9, 15–22.
- Guevara Figueroa, T., Jiménez Islas, H., Reyes Escogido, M., Mortensen, A., Laursen, B.B., Lin, L.W., De León Rodríguez, A., Fomsgaard, I.S. & Barba de la Rosa, A.P. 2010. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *J. Food Compos. Anal.*, 23: 525–532.
- Hoffmann, W. 1995. Ethnobotany. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*, pp. 12–19. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 132*. Rome, FAO.
- ITA. (1975). *Méthodes d'analyses chimiques et physiques du sol*. Laboratoire du sol. Mostaganem.
- Jenkinson, D. S. (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *Soil biochemistry*, 5, 415–471.

- JENNY, H., Bingham, F., & Padilla-Saravia, B. (1948). Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, South America. *Soil Science*, 66(3), 173-186.
- Kiesling, R. (1999). New synonyms of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). *New synonyms of Opuntia ficus-indica* (Cactaceae), 2(66), 309-314.
- Kiesling, R. 2013. Historia de la *Opuntia ficus-indica*. *Cactusnet Newsletter*, 13 [special issue]: 13–18
- Le Houerou, H. N. (1985). La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger, ronéotypé.
- Laudelout, H., & Van Tichelen, L. (1960). Kinetics of the nitrite oxidation by *Nitrobacter winogradskyi*. *Journal of bacteriology*, 79(1), 39.
- Lungu, M. ;Panaitescu, L. & Nita, S. (2011). Aridity, climatic risk phenomenon in Dobrudja. *Present Environment and sustainable development*, 5: 179-190.
- Maataoui, B. S., Hmyene, A., & Hilali, S. (2006). Activites antiradicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie [*Opuntia ficus-indica*]. *Lebanese science journal*, 7(1), 3-8.
- Masscheleyn, P. H., Delaune, R. D., & Patrick Jr, W. H. (1991). Effect of redox potential and pH on arsenic speciation and solubility in a contaminated soil. *Environmental science & technology*, 25(8), 1414-1419.
- Mottram, R. 2013. Linnaean cactus legacy. *Cactician*, 3: 1–83.
- Montoroi, J. P. (1997). Conductivitee électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol. *Etude et Gestion des sols*, 4, 279-298.
- Nahal, I. (2004). La désertification dans le monde. Edition Harmattan, Paris.
- Nedjraoui, D. (2006). La recherche scientifique, un moyen de lutte contre la désertification. *International Policy Imperative*, 231
- Nedjraoui, D., & Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8(1), 1-15.
- Neffar, S., Beddiar, A., Redjel, N., & Boukheloua, J. (2011). Effets de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) sur les propriétés du sol et la végétation à Tébessa (zone semi-aride de l'est algérien). *ecologiamediterranea*, 37(1), 5-15.
- Neffar, S., Beddiar, A., Chenchouni, H. (2015). Effects of soil chemical properties and seasonality on mycorrhizal status of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) planted in hot arid steppe rangelands. *Sains Malaysiana*, 44: 671–680.
- Neffar, S., Chenchouni, H., Beddiar, A. & Redjel, N. (2013). Rehabilitation of Degraded Rangeland in Drylands by Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Plantations: Effect on Soil and Spontaneous Vegetation. *Ecologia Balkanica*, 5(2): 23-30.
- Neffar, S., Menasria, T., Chenchouni, H. (2018). Diversity and functional traits of spontaneous plant species in Algerian rangelands rehabilitated with prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) plantations. *Turkish Journal of Botany*, 42: 448-461.
- Nobel, P.S. (1995). Environmental biology. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*, pp. 36–48. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 132*. Rome, FAO.
- Nobel, P.S. 1994. Remarkable agaves and cacti. New York, USA, Oxford University Press. 180 pp.
- North, G.B., Huang, B. & Nobel, P.S. 1993. Changes in structure and hydraulic conductivity for root junctions of desert succulents as soil water status varies. *Plant Biology*, 106, 126-135.
- Novoa, A., Le Roux, J.J., Robertson, M.P., Wilson, J.R.U. & Richardson, D.M. 2014. Introduced and invasive cactus species: a global review. *AoB Plants*, 1–14
- Padilla, F.M. & Pugnaire, F.I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontier in Ecology and Environment*, 4(4):196–202.

- Pimienta Barrios, E. 1990. El nopal tunero. Mexico, Universidad de Guadalajara. 246 pp.
- Pinkava, D. J., Baker, M. A., Baker, M. C., Johnson, R. A., Trushell, N., Ruffner, G. A., ... & Van Devender, R. K. (1992). Additions, notes and chromosome numbers for the flora of vascular plants of Organ Pipe Cactus National Monument, Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 13-18.
- Ren, H., Yang, L. & Liu, N. (2008). Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. *Progress in Natural Science*, 18(2): 137-142.
- Snyman, H.A. 2004. Effect of various water applications on root development of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* under greenhouse growth conditions. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 6: 35–61.
- Snyman, H.A. 2005. A case study on in situ rooting profiles and water-use efficiency of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 7: 1–21.
- Thiombiano, A. (1996). Contribution à l'étude des Combretaceae dans la région Est du Burkina Faso (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat 3 e Cycle. Université de Ouagadougou).
- Walkington, D.L. 1968. The taxonomic history of southern California Prickly Pears. *Cact. Succ. J. (Los Angeles)*, 40: 186–192.
- Walkley, A. & Black, A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method. *Science*, 37, 29-38.
- Yang, L., Liu, N., Ren, H., & Wang, J. (2009). Facilitation by two exotic Acacia: *Acacia auricularis* and *Acacia mangium* as nurse plants in South China. *Forest Ecology and Management*, 257(8): 1786-1793.
- Volkoff, B., & CERRI, C. C. (1988). L'humus des sols du Brésil: nature et relations avec l'environnement. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, 24, 83-95.

# Annexes

## Annexes

**Annexe 1 : Moyennes mensuelles des températures moyennes de Tébessa (1972-2019)**

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne
1972	5,6	7,4	10	9,8	14,3	21,4	24,1	23,2	19,8	13,7	10,7	5,7	13,81
1973	4,4	4,8	5,6	10,5	19,9	23,1	26,9	23,6	21,7	17,1	9,3	6,3	14,43
1974	6,2	6,4	9,8	10,8	15,6	23,5	23,9	24,1	20,8	13,3	9,1	5,9	14,12
1975	5,9	6	8,5	11,9	16,42	21,3	25,4	23,2	22,7	14,2	9,2	7,4	14,34
1976	5,2	6,6	7,4	11,8	16	20	23,6	23,8	19,9	15,4	7,8	8,2	13,81
1977	8	9,8	11,8	12,9	17,5	21,8	27,8	24,6	19,8	16,6	11	7,9	15,79
1978	5,1	9,8	9,2	12,7	17	23	25,5	24,6	20,4	12,6	7,9	9,8	14,80
1979	9,8	8,6	10,5	10,2	16,7	22	26,1	25,2	18,8	17,6	8,4	7,4	15,11
1980	5,8	7,3	9	10,3	14,9	22,4	24,9	25,7	21,7	14,2	11	4,5	14,31
1981	3,9	6,3	12,4	15,2	19	23,3	24,5	24,1	20,7	17,3	9,2	9,7	15,47
1982	7,7	7,4	9,2	11,8	17	24,2	28	25,9	21,5	15,9	10,8	5,7	15,43
1983	4,7	6,7	9,3	15,3	18,9	22,5	27,1	26	21,6	15	12,2	7,2	15,54
1984	6,1	6	8,5	13	17	23,1	26,1	25,1	20,6	14,5	12	6,4	14,87
1985	5,4	10,4	8,3	14,2	16,9	25,1	27,7	25,6	20,4	15,7	13	8	15,89
1986	6,3	8,1	9,4	13,7	19,9	22	25	26,8	21	16,6	10,2	6,4	15,45
1987	6,3	7,7	8,8	14,3	16,7	24,3	26,7	27,9	23,6	19,3	10,7	10,5	16,40
1988	8,2	7,4	9,9	14,8	20,5	22,5	28	26,7	20,6	18,2	11,6	5,8	16,18
1989	5,4	7,2	11,5	13,7	18,2	20,9	25,6	26,1	22,2	15,5	13,4	10,7	15,87
1990	6,1	10,4	10,4	12,7	17,2	25,1	24,9	22,5	24,1	20	11,5	5,5	15,87
1991	5,5	6,8	11,6	10,4	14,2	21,9	26,3	25,6	21,8	16,7	10,6	5,5	14,74
1992	4,7	6,7	9,4	11,8	16,3	20,9	23,9	25,7	21,9	18	12,1	7,8	14,93
1993	5,2	5,6	8,7	13,9	19,2	24,8	26,8	27	22,3	19,1	11,1	7,7	15,95
1994	7,5	8,91	11,9	11,8	21,9	24,2	27	28,6	23,6	16,7	13,2	8,1	16,95
1995	5,7	10,3	9,2	12,7	20,1	22,9	27,1	24,6	21,1	16,3	11,3	9,8	15,93
1996	9,1	6,3	10,1	12,4	18,2	20,8	25,9	26,6	20,3	15	12,4	10,2	15,61
1997	8,7	9,3	9,3	12	20,4	26,6	27,5	25,2	20,5	17	11,8	8,5	16,40
1998	7,2	8,2	9,8	15,1	17,7	24,6	27,8	25,7	23,2	15	10,2	6,3	15,90
1999	7,1	5,8	10,2	14,9	22,1	25,8	26,2	28,9	23,6	19,2	11,1	7,1	16,83
2000	4,1	7,8	11,7	16,1	21	22,4	27,5	26,8	22,1	15,9	12,8	9,4	16,47
2001	8	7,5	15,6	14	19,6	25	28,4	27,1	22,3	21,1	11,8	6,8	17,27
2002	6,3	9	12,5	15	19,4	25,1	26,6	24,9	21,2	17,8	12,2	8,8	16,57
2003	6,9	6,1	10	14,1	18,9	25,2	29,2	27,4	21,5	19,6	12,3	7	16,52
2004	6,9	9,6	11,2	12,8	15,9	22,4	26,2	27	20,8	20,5	10,2	8,1	15,97
2005	4,5	4,9	11,2	14,2	21,1	23,7	28,5	25,9	21,6	17,8	12,1	6,5	16,00
2006	4,9	7,2	11,8	16,6	21,3	24,8	26,5	25,9	21,4	19	12,1	7,9	16,62
2007	8,8	9,2	9,7	13,5	18,5	25,3	26,5	26,7	22	17,6	10,5	6,9	16,27
2008	7	8,3	10,9	15,5	19,3	23,4	28,7	27,2	22,2	16,9	10,1	6,3	16,32
2009	11	6,4	9,7	11,5	19	24,2	28,7	26,8	21	15,7	12,4	10,7	16,43
2010	8,3	10,1	13,1	15,9	17,4	24	27,2	27,1	21,7	16,8	11,9	8,8	16,86
2011	7,6	6,4	9,5	14,8	17,4	22,4	27,5	27	23,5	15,7	12,3	7,9	16,00
2012	5,9	4,1	10,5	14,4	19,3	27,1	28,8	28,8	22,4	19,3	14,2	8,8	16,97
2013	7,2	6,7	12,9	15,7	18,8	23,1	27	25,4	22,6	21,3	10,9	7,2	16,57

2014	7,8	8,9	8,7	15,2	19	23,6	27,4	28,3	24,6	19,1	14	7,9	17,04
2015	6,4	5,9	9,8	15,1	20,15	22,7	27,1	26,2	22,1	18,2	11,65	8,25	16,12
2016	8,85	10,3	10,8	17,4	19,45	23,9	26,6	25,3	21,5	19,6	12,3	9	17,08
2017	5,4	9,75	12,15	13,5	20,85	25,4	32,4	28,1	22	15,7	10,7	6,8	16,88
2018	8,6	7,45	12,55	15,4	20,15	24,6	29,5	26,7	21,7	17,7	11,5	7,9	16,98
2019	7	8,6	12,35	14,4	20,5	25	30,9	27,4	21,9	16,7	11,1	7,35	16,93
2020	7,8	8,025											
Moyenne	<b>6,65</b>	<b>7,64</b>	<b>10,34</b>	<b>13,5</b>	<b>18,47</b>	<b>23,5</b>	<b>26,9</b>	<b>26,0</b>	<b>21,7</b>	<b>17,0</b>	<b>11,25</b>	<b>7,67</b>	<b>15,89</b>

**Annexe2** :Données mensuelles des précipitations (mm) de Tébessa (1972-2019)

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Cumul
1972	71,9	25,1	34,9	95	26,4	47,7	11,1	8,4	36,9	99,3	11,2	34,9	502,80
1973	46	42,7	171,1	31,3	44,7	65,5	5,3	36,4	16,3	12,9	6	94,4	572,60
1974	14	28,3	29,3	50,2	10,4	24,8	4,5	12,1	27,1	37,9	18,5	14,2	271,30
1975	23,4	67,8	33,6	21,6	66,6	0	25,4	23,7	26,1	11	74,3	6,2	379,70
1976	22,4	38,2	49,1	32,4	25,8	59	27,3	39,3	25,1	23,1	135	10,3	486,50
1977	14,7	66	45,1	40,4	38,2	9,1	15	19,4	11,2	3,3	46,7	3,9	313,00
1978	3,9	54,7	102,5	23	23,9	3,9	0	50,1	5,4	26	20,4	3,6	317,40
1979	10,3	44,6	40,3	89,4	22,7	27,7	0	11,7	116	18,5	21,3	1,7	404,30
1980	33,7	29,8	76,8	28,1	41	4,3	2	3,4	65,8	3,7	24,1	47,5	360,20
1981	13,4	18,8	24,1	11,7	35,8	72,4	3,6	4,1	37,3	23	1,9	15,3	261,40
1982	21,8	45,6	12,4	56,2	80,1	8,5	3,7	15,5	12	58,5	50,3	24,7	389,30
1983	2,8	7,3	18,1	5,7	30,4	42,7	0,7	31,5	3,9	31,7	17,9	12,2	204,90
1984	18,9	92,4	24	24,1	4,3	6,8	0,2	15,4	27,2	26,2	19,1	51	309,60
1985	25,7	11,3	54,5	26,4	65,2	27,2	2,4	6	50,8	23,1	3,5	13,5	309,60
1986	31,1	14,3	83,1	2,5	35,8	15,2	51	13,1	24,4	28,7	44,7	20,7	364,60
1987	10,2	27,4	62,6	13,2	25,1	4,2	33,7	5	15,5	18,7	33,8	9,2	258,60
1988	23,7	4,2	35,8	31,6	55,6	62,1	8,3	6,5	21,4	20,6	35,1	35,4	340,30
1989	18,3	17,4	14	16,3	8,4	57,3	8,7	99,3	44,6	12	10,8	8,7	315,80
1990	83	0,2	34,8	43,1	66,9	17,1	15,2	137	53,3	22,4	99,8	64,9	637,30
1991	30,3	12,8	54	43	67,8	14,4	6,4	65,6	74,7	34,4	44,3	14,2	461,90
1992	34	29,9	24,3	43,6	82	23,2	13,4	4,5	51,2	28,4	61,6	48,4	444,50
1993	9,3	27,9	21,4	2,6	31,1	12,8	20,1	1,8	22,7	3,8	16,8	28,7	199,00
1994	31	23,9	19,4	23,3	41	2,4	4,5	11	7,2	66,8	0,6	6,8	237,90
1995	24,7	3	32,3	22,1	7,4	37,9	1,7	44,1	150	39,7	26,6	18,2	407,40
1996	24,9	72,9	56,3	49,8	30,2	38,9	13,2	30	12,4	4,1	1,2	15	348,90
1997	31,6	7,1	18,9	46,8	16,1	10,3	20,2	23,7	64	72,5	45,2	21,5	377,90
1998	22,3	10,2	28,7	29,2	16,7	31	0	15,2	78,6	36,2	55,1	14,5	337,70
1999	56,4	11,7	45,6	15,4	30,9	16,9	18,9	33,7	22,1	81,5	64,6	34,5	432,20
2000	3,7	4,1	10	14,7	86,5	76,4	21,6	18,8	51	18,3	17	13,7	335,80
2001	27,1	15,8	15,1	2,7	49,3	2,4	7,6	1,4	55	1,7	23,3	7,1	208,50
2002	17	11,8	5,2	29	40,6	13,3	58	84,7	36,5	38	76,4	30,3	440,80
2003	100,4	38,9	18	97,8	29,2	9,5	2,8	12,1	7,2	45,5	17,5	168,4	547,30
2004	20,6	3,2	72,6	29,4	39,4	91,6	16,4	44	19	26	117	66,9	546,10
2005	29,2	34	24	20,4	1,2	31,5	1,4	46,6	33,3	94,1	31,6	77,3	424,60
2006	34,9	14,4	5,5	43,6	37,6	26,9	8,4	26	6,4	12	3,7	63,2	282,60
2007	5,2	11	61	59,1	16,8	98,2	30,2	54,4	49,7	15,4	9,3	28,7	439,00
2008	6,1	7	36,4	28	67,4	12,9	4,3	18,7	84,9	52	12,8	47,1	377,60

2009	76,9	11,6	26,7	112	65,9	0	23	12,7	96,7	2	2	7	436,40
2010	38,7	3,1	13,1	79,3	35	25,9	20,2	2,4	77	17	55,1	5,5	372,30
2011	26,5	66,7	60,6	43,4	47,2	28,4	54,2	10,2	3	86,1	34	8,9	469,20
2012	46,4	57,2	39,4	24,1	27,8	2,1	3,5	35,5	41	51,9	13,2	2,6	344,70
2013	20,1	8,6	25	33,4	9	0,7	14,8	26,5	46,8	38,7	40	38,4	302,00
2014	38,7	48,4	27,9	2,3	19,9	29	22,5	8,7	49,3	7,1	43,2	39,5	336,50
2015	30,4	66,7	42,7	1,3	20,7	66	38,4	72,4	45,8	30,3	55,9	0	470,60
2016	13,4	4,3	32,3	18,1	37,7	2,7	0,8	13,6	30	49,3	18,7	65,8	286,70
2017	23,4	8,7	10,5	46,7	32,8	17,6	14,3	10	41,2	49	32,8	8,6	295,60
2018	0,7	73,2	20,3	95	13	2	71	13	88,9	7	13,2	20,8	418,10
2019	20,8	18,6	92,4	68	35,4	0,2	6	54,5	27	28,8	25,2	35,7	412,60
2020	11,6	0											
Moyenne	27,79	27,98	39,29	36,8	36,31	26,7	15,3	27,8	41,5	32,0	34,00	29,37	374,87

### Annexe 3. Détails du modes opératoires des analyses pédologiques effectuées

#### 1- Mode opératoire du pH et la conductivité électrique (CE)

- 10 g de terre fine, ajouter 50ml d'eau distillée.
- Agiter 2 mn (agitateur magnétique)
- Laisser reposer 30mn.
- Filtrer et lire (même chose pour le pH) ou bien lire dans le surnageant.

#### 2- Mode opératoire du dosage du calcaire total

- prendre 10ml d'HCl dilué dans un bécher de 50 ml
- peser le Becher avec l'acide =P<sub>1</sub>
- prendre 10 g de terre fine, verser la terre petit à petit dans le bécher contenant l'HCl :P<sub>1</sub>
- agiter le bécher et laisser reposer quelques mn puis réagiter une ½ H.
- peser le bécher avec son contenu, agiter, laisser reposer quelques m, puis repeser .Noter le poids après la stabilisation =P<sub>2</sub>

#### Calcul :

Poids du CO<sub>2</sub> dégagé =Poids du bécher +acide + sol (avant la réaction) –Poids du bécher + acide + sol (après réaction)

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{\text{Poids du CO}_2 \text{ dégagé} \times 2,274 \times 100}{\text{Poids du sol}}$$

$$= \frac{\text{Poids du CO}_2 \times 227,4}{\text{Poids du sol}}$$

#### Classification :

- < 1% horizon non calcaire
- 1 à 5 horizon peu calcaire
- 5 à 25% modérément calcaire
- 25-50% fortement calcaire
- 50 à 80% très fortement calcaire
- > 80% excessivement calcaire

#### 3- Calcaire actif

**Mode opératoire :**

- Introduire 2 g de terre fine dans une erlen de 250ml .
- Ajouter exactement 100ml de la solution d'oxalate 0,2 N : 14,2g/l
- Agiter pendant 2 heures à l'aide d'un agitateur avec une vitesse de 1 tour/seconde
- Filtrer la solution dans une erlen de 250ml
- Prendre 10 ml du filtrat, ajouter 50ml eau distillée, puis 5 ml acide sulfurique concentré.
- Faire chauffer à 70°C (facultatif).
- Titrer avec une solution de permanganate de potassium (0.2N=6.32g/l) jusqu'à une couleur rose persistante(V)
- Témoin sans sol (V').

**4-Dosage du carbone par la méthode de Walkley et Black****-Solutions à préparer :**

**-Bichromate de potassium (8%) :** dissoudre 80g de bichromate dans une fiole de 1000ml d'eau distillée

**-Diphénylamine :** dissoudre 0,5 g de diphénylamine dans 100ml acide sulfurique et verser cette liqueur sur 20ml eau distillée et conserver dans un flacon brun (/5)

**- le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium) à 0,2 N :** Peser 7,85 g de sels de Mohr dans 50ml d'eau distillée bouillie et refroidie contenant 2ml acide sulfurique = 2ml acide sulfurique + 48ml eau distillée bouillie et compléter à 100ml et conserver dans un flacon brun)

**Mode opératoire :**

- Introduire 1 g de sol tamisé dans une Erlen, y ajouter 10 ml de bichromate de potassium (8%), ajouter 15ml acide sulfurique.
- Agiter 1 minute et laisser reposer 30mn
- Transvaser dans une fiole et ajouter à 100 ml les eaux de rinçage de l'erlen.
- Prélever 20ml dans un bécher et diluer à 100ml avec l'eau distillée.
- Ajouter 1 g de NaF et 3 à 4 gouttes de diphénylamine
- Titrer le sol avec le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium) à 0,2 N.
- La solution de couleur brun-noirâtre virera au vert (X ml de sel de Mohr).

**Témoin (Y) :** suivre les mêmes étapes sans le sol

$$C(\%) = (Y-X) \times 0,6 \text{mg C} \times 100$$

**Exp.**

$$Y = 22 \text{mL}$$

$$X = 18 \text{mL}$$

$$\%C = 22 - 18 \times 0,6 \times 100 = 1,2\%$$

**Remarque :**

Comme l'oxydation du carbone est à froid et donc incomplète, elle est en moyenne de 76% (100/76= 1,31), on multiplie le résultat par 1,31.

Considérant que la matière organique (**M. O.**) =  $C \times 1,72$

### Classification des sols selon le taux de matière organique (Schaefer, 1975)

Taux de matière organique (%)	Terre
<1	Très pauvre
1-2	Pauvre
2-4	Moyenne
>4	Riche

### 5-la densité apparente par la méthode du cylindre

- Poids du cylindre vide
- Poids du cylindre avec le sol prélevé de chaque horizon
- Faire la différence pour avoir la masse sèche

Densité apparente : Masse du solide / volume du solide

Volume du solide : Surface x la hauteur du cylindre

### 6-Le stock du carbone par profil

Pour évaluer le stock de carbone organique des sols selon la superficie, trois paramètres doivent être estimés afin de déterminer la quantité de l'élément C dans l'horizon i

Stock du carbone (t/ha) =  $0,1 \times \text{Épaisseur de la couche} \times da(i) \times Ci$  où Stock du carbone : contenu en C organique dans l'horizon i de sol (t.ha<sup>-1</sup>),

Ei : épaisseur de l'horizon i (cm),

da(i) : densité apparente dans l'horizon i (g.cm<sup>-3</sup>)

Ci : concentration de C organique dans la terre fine pour l'horizon i (g.kg<sup>-1</sup>). (si 1% = 1g/100g, ca devient 10g/1000g)

La quantité totale de carbone organique Q dans le sol jusqu'à la profondeur sélectionnée est la somme des quantités dans chaque horizon :  $Q = \sum q(i)$ .

Ou bien

Stock du carbone (t/ha) = Épaisseur de la couche x da(i) x Ci (%) où Stock du carbone : contenu en C organique dans l'horizon i de sol (t.ha<sup>-1</sup>),

Ei : épaisseur de l'horizon i (cm),

da(i) : densité apparente dans l'horizon i (g.cm<sup>-3</sup>)

Ci : concentration de C organique dans la terre fine pour l'horizon i (%).

La quantité totale de carbone organique Q dans le sol jusqu'à la profondeur sélectionnée est la somme des quantités dans chaque horizon :  $Q = \sum q(i)$ .

## RÉSUMÉ

Les zones arides, avec plus de 50% de déficit annuels de précipitation, couvrent approximativement 40% de la surface des terres du globe. La désertification est essentiellement liée aux régions arides et semi-arides. Durant les dernières décennies, le phénomène de plantes-nourrice a pris de l'étendue dans les habitats dégradés. Plusieurs espèces de plantes-nurses ont été utilisées pour la réhabilitation de nombreux habitats dégradés des régions arides et semi-arides, le figuier de barbarie s'adapte bien au climat du bassin méditerranéen.

Cette étude cherche à mettre en évidence les différences dans les paramètres physicochimiques du sol sous des plantations à différents âges par rapport à des sols steppiques témoins (non plantés) et ceci dans trois zones différentes du sud de Tebessa (OgbaEl-Baida, El-Mezara et Doukkara).

**Mots-clés :** figuier\_de\_barbarie–désertification – Tébessa – Zone\_Aride

## ABSTRACT

Arid zones, with more than 50% annual precipitation deficit, cover approximately 40% of the earth's surface. desertification is mainly linked to arid and semi-arid regions. During the last decades, the phenomenon of nurse plants has grown in degraded habitats. Several species of nursery plants have been used for the rehabilitation of many degraded habitats in arid and semi-arid regions, the prickly pear adapts well to the climate of the Mediterranean basin.

This study seeks to highlight the differences in the physicochemical parameters of the soil under plantations at different ages compared to control steppe soils (not planted) and this in three different areas of the south of Tebessa (Ogba El-Baida, El- Mezara and Doukkara).

**Keywords :** prickly\_pear – desertification – Tébessa– Zone\_Arid

## الملخص

تغطي المناطق القاحلة، مع أكثر من 50% عجز سنوي في هطول الأمطار، ما يقرب من 40% من سطح الأرض. يرتبط التصحر بشكل أساسي بالمناطق القاحلة وشبه القاحلة خلال العقود الماضية، زادت ظاهرة النباتات الممرضة في الموائل المتدهورة. تم استخدام العديد من أنواع نباتات الحضانة لإعادة تأهيل العديد من الموائل المتدهورة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث يتكيف التين الشوكي جيداً مع مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط.

تسعى هذه الدراسة إلى إبراز الفروق في المعلمات الفيزيائية والكيميائية للتربة تحت المزارع في أعمار مختلفة مقارنة بتربة السهوب الضابطة (غير المزروعة) وهذا في ثلاث مناطق مختلفة من جنوب تبسة (عقبة البيضاء، El- مزارعة ودكارة).

**كلمات البحث:** التين\_الشوكي - تبسة - التصحر